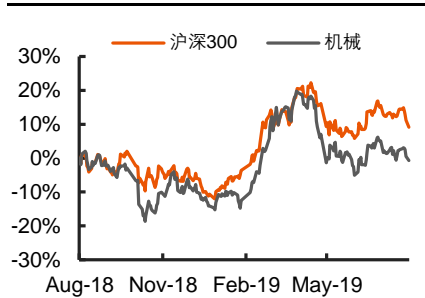


# 光伏设备行业专题报告（一）

## 高效电池生产设备产业链梳理

### 中性（维持）

行情走势图



#### 相关研究报告

《行业专题报告\*机械\*科创板系列——3D打印产业链全景图》 2019-08-05  
 《行业专题报告\*机械\*3D打印产业链全梳理，高成长赛道的机遇和挑战》 2019-07-31  
 《行业专题报告\*机械\*科创板中高端装备公司一张图对比分析》 2019-07-22  
 《行业专题报告\*机械\*科创板系列——工业机器人产业链全景图》 2019-07-17  
 《行业半年度策略报告\*机械\*风雨未霁，创新为帆》 2019-07-02

#### 证券分析师

胡小禹 投资咨询资格编号  
 S1060518090003  
 021-38643531  
 HUXIAOYU298@PINGAN.COM.CN

#### 研究助理

吴文成 一般从业资格编号  
 S1060117080013  
 021-20667267  
 WUWENCHENG128@PINGAN.COM.CN

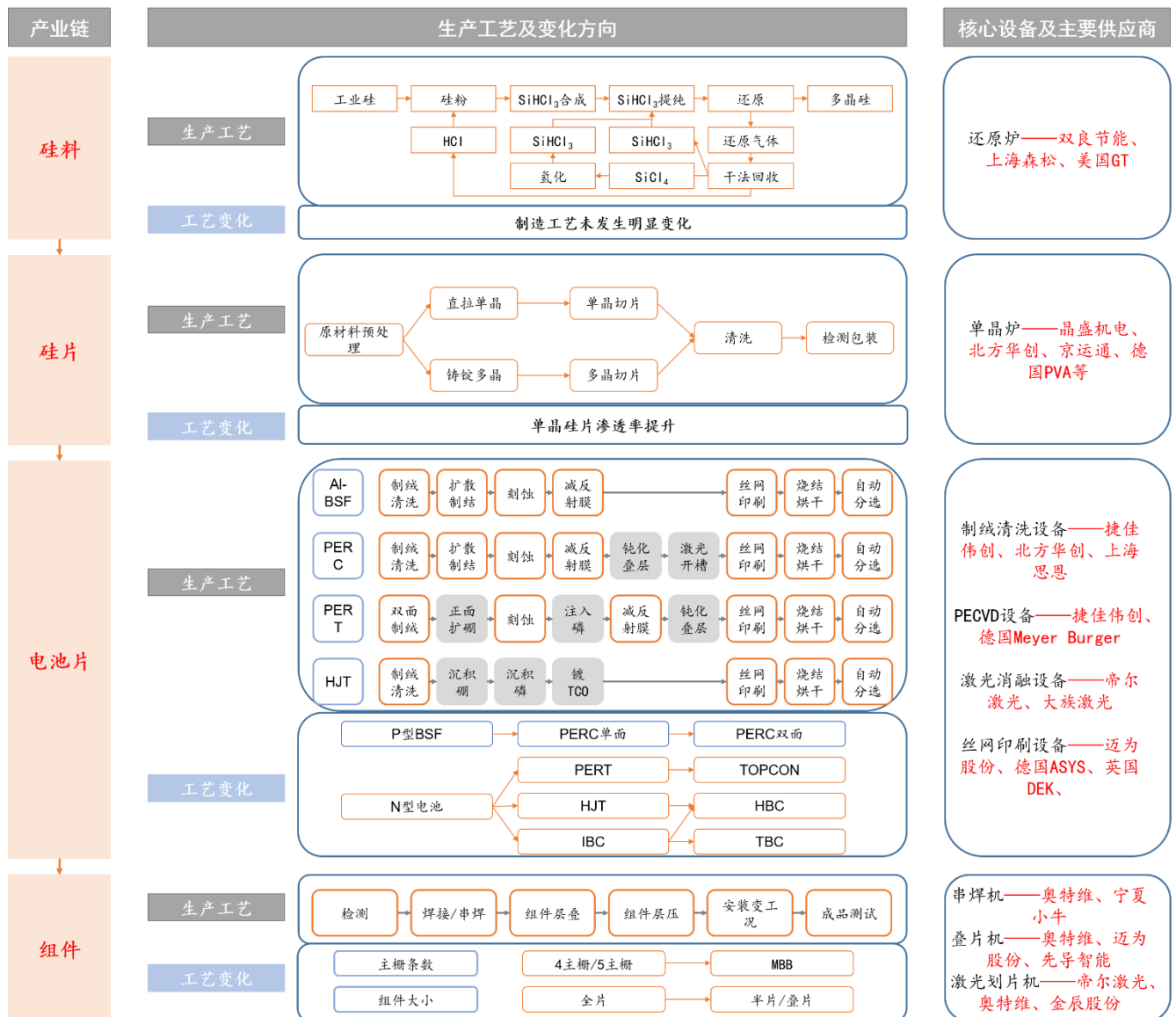
请通过合法途径获取本公司研究报告，如经由未经许可的渠道获得研究报告，请慎重使用并注意阅读研究报告尾页的声明内容。

- **我国是全球最大的光伏生产国。**光伏电池是一种对光有响应并能将光能转化为电能的器件，所用的太阳能属于可再生能源。2018年底全球光伏累计装机量达480GW，预计2030年有望达到1721GW，发展空间巨大。晶硅光伏产业链分为硅料、硅片、电池片、组件、系统五个环节，2018年我国硅料、硅片、电池片、组件产量占全球总产量的比重分别为58%、90%、73%、72%，是全球最大的光伏生产国，并诞生了江苏中能、隆基股份、天合光能等一批优秀的光伏制造公司。
- **生产技术持续创新，推动设备加速迭代。**光伏行业面临平价上网的挑战，发展新型的高效电池成为重要的突破口。行业呈现“一代技术，一代设备”的现象，生产技术的创新将推动设备迭代。光伏电池生产包括四大流程：硅料制程、硅片制程、电池片制程和组件制程。在硅片环节，单晶硅成为发展趋势，带动单晶硅片产能扩张。在电池片领域，PERC电池持续扩张，N型电池（PERT、HJT、IBC电池）蓄势待发。在组件领域，多主栅、半片和叠片组件渗透率持续提升。建议关注单晶硅生长设备，PERC和N型电池片设备，以及新型组件技术带来的激光划片机、多主栅串焊机和叠片机等设备的投资机会。
- **高效电池产能扩张，设备公司机遇多。**预计2019年我国硅料、硅片、电池片、组件分别扩张产能约20万吨、36GW、50GW、20GW，均以高效电池产能为主。2018年全球光伏设备市场总规模达48亿美元，同比增长7.62%。预计2019年全球PERC电池片设备市场规模达200亿元，其中背钝化设备、自动化设备、丝网印刷设备占比最高，分别为43亿元、43亿元、23亿元。我们认为，未来几年光伏设备市场将出现结构性机会，高效设备的设备商业绩有望景气向上。
- **投资建议：**随着平价上网步伐的加速，降本增效是产业链上所有企业共同的追求。我国是全球最大的光伏生产国，硅料、电池片和组件生产企业积极推动高效电池产能扩张。建议关注国内单晶炉龙头晶盛机电、电池片设备龙头捷佳伟创、PERC激光设备龙头帝尔激光、丝网印刷设备龙头迈为股份，以及组件设备优秀代表奥特维（科创板拟上市公司），同时建议关注非上市公司理想万里晖。
- **风险提示：**（1）行业政策风险。全球光伏行业一直由政策推动发展。在平价上网尚未完全到来之际，政策变化对行业影响较大。（2）行业需求下滑风险。光伏电池受宏观需求以及行业自身周期影响较大，如果宏观经济剧烈波动，下游需求显著下滑，设备企业订单将受到直接影响。（3）技术替代风险。光伏行业技术更迭迅速，每一轮技术变更，均有望带来新的设备需求，但如果设备企业未能紧跟技术变化，相关设备无法满足新型技术要求，公司业绩将显著恶化。（4）市场竞争风险。光伏设备竞争企业较多，如果市场竞争加剧，将会带来盈利能力下滑风险。

| 股票名称 | 股票代码   | 股票价格       |       | EPS   |       |       | P/E   |       |       | 评级    |       |
|------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |        | 2019-08-06 | 2018A | 2019E | 2020E | 2021E | 2018A | 2019E | 2020E |       | 2021E |
| 晶盛机电 | 300316 | 12.97      | 0.45  | 0.58  | 0.76  | 0.95  | 28.62 | 22.53 | 17.01 | 13.59 | 未评级   |
| 捷佳伟创 | 300724 | 30.88      | 0.96  | 1.32  | 1.70  | 2.11  | 32.27 | 23.45 | 18.16 | 14.65 | 未评级   |
| 帝尔激光 | 300776 | 133.40     | 2.54  | 4.31  | 5.79  | 7.43  | 52.54 | 30.93 | 23.03 | 17.96 | 未评级   |
| 迈为股份 | 300751 | 142.30     | 3.29  | 5.51  | 7.31  | 9.00  | 43.29 | 25.85 | 19.46 | 15.82 | 未评级   |

资料来源: wind, 未评级公司按照 wind 一致预期

### 光伏电池生产设备产业链图谱



# 正文目录

|           |                            |           |
|-----------|----------------------------|-----------|
| <b>一、</b> | <b>我国是全球最大的光伏生产国</b>       | <b>6</b>  |
| <b>二、</b> | <b>生产技术持续创新，推动设备加速迭代</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1       | 硅料：生产技术成熟，设备市场稳健           | 9         |
| 2.2       | 硅片：单晶硅片渗透率提升               | 9         |
| 2.3       | 电池片：PERC 电池持续扩张，N 型电池蓄势待发  | 11        |
| 2.4       | 组件：MBB、半片、叠片技术多点开花         | 19        |
| <b>三、</b> | <b>高效电池产能扩张，设备公司业绩景气向上</b> | <b>23</b> |
| 3.1       | 高效电池产能持续扩张                 | 23        |
| 3.2       | 光伏设备市场稳健增长，技术创新诞生结构性机会     | 25        |
| 3.3       | 相关设备公司业绩迎来景气向上周期           | 26        |
| <b>四、</b> | <b>投资建议</b>                | <b>27</b> |
| <b>五、</b> | <b>风险提示</b>                | <b>28</b> |

# 图表目录

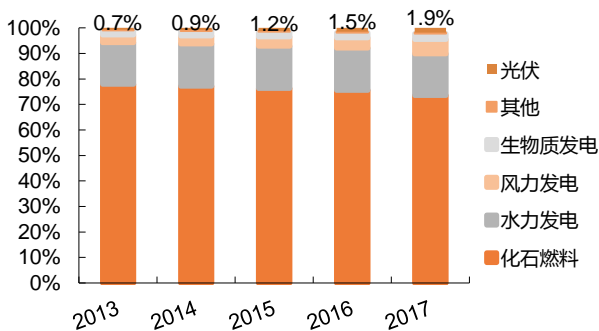
|       |                                |    |
|-------|--------------------------------|----|
| 图表 1  | 全球光伏发电量占比.....                 | 6  |
| 图表 2  | 全球光伏发电累计装机容量.....              | 6  |
| 图表 3  | 光伏产业链.....                     | 7  |
| 图表 4  | 2018 年底我国光伏行业有效产能及产量.....      | 7  |
| 图表 5  | 2018 年光伏产业各环节中国产量占比.....       | 7  |
| 图表 6  | 我国多晶硅产量.....                   | 8  |
| 图表 7  | 我国硅片产量.....                    | 8  |
| 图表 8  | 我国电池片产量.....                   | 8  |
| 图表 9  | 我国组件产量.....                    | 8  |
| 图表 10 | 我国诞生了众多全球领先的光伏制造企业.....        | 8  |
| 图表 11 | 改良西门子法制备硅料流程及核心设备.....         | 9  |
| 图表 12 | 硅片制备流程.....                    | 10 |
| 图表 13 | 硅片制备工艺的流程介绍.....               | 10 |
| 图表 14 | 单晶电池片光电转换效率高于多晶电池片.....        | 11 |
| 图表 15 | 单晶硅片和多晶硅片市场占比趋势变化.....         | 11 |
| 图表 16 | 不同电池片生结构和制备技术.....             | 12 |
| 图表 17 | 高效电池技术路线选择.....                | 12 |
| 图表 18 | AI-BSF 电池片生产流程图.....           | 13 |
| 图表 19 | AI-BSF 电池片工艺流程及相关设备.....       | 13 |
| 图表 20 | 电池片工艺设备的国内外供应商.....            | 13 |
| 图表 21 | PERC 电池与常规铝背场电池对比.....         | 14 |
| 图表 22 | PERC 比 AI-BSF 工艺额外增加了两道工序..... | 15 |
| 图表 23 | N-PERT 与单面 PERC 电池对比.....      | 15 |
| 图表 24 | N-PERT 电池工艺及核心设备.....          | 16 |
| 图表 25 | TOPCON 技术结构图.....              | 16 |
| 图表 26 | HJT 电池工艺流程及对比分析.....           | 17 |
| 图表 27 | HJT 电池设备情况.....                | 17 |
| 图表 28 | IBC 电池结构图.....                 | 18 |
| 图表 29 | IBC 电池工艺流程.....                | 18 |
| 图表 30 | 各种晶硅电池片工艺对比.....               | 18 |
| 图表 31 | 各类电池平均转换效率.....                | 19 |
| 图表 32 | 不同电池技术市场份额变化.....              | 19 |
| 图表 33 | 组件工艺及对应的设备.....                | 20 |

|       |                                  |    |
|-------|----------------------------------|----|
| 图表 34 | 多主栅电池与 5 主栅产品对比 .....            | 20 |
| 图表 35 | 各种主栅产品市场份额变化 .....               | 21 |
| 图表 36 | 半片组件工艺及产品图 .....                 | 21 |
| 图表 37 | 叠片组件和常规 PERC 组件 .....            | 22 |
| 图表 38 | 全片、半片和叠片技术的优缺点对比 .....           | 22 |
| 图表 39 | 2018-2025 年全片、半片、叠片市占率变化趋势 ..... | 22 |
| 图表 40 | 新型组件工艺带来的新增设备及其供应商 .....         | 22 |
| 图表 41 | 2019 年多晶硅产能扩张代表企业 .....          | 23 |
| 图表 42 | 2019 年硅片产能扩张代表企业 .....           | 24 |
| 图表 43 | 2019 年电池片产能扩张代表企业 .....          | 24 |
| 图表 44 | 2019 年光伏组件产能预期概况 .....           | 24 |
| 图表 45 | 全球光伏发电新增装机量 .....                | 25 |
| 图表 46 | 我国光伏发电新增装机量 .....                | 25 |
| 图表 47 | 全球光伏设备市场规模 .....                 | 25 |
| 图表 48 | 全球 PERC 设备规模测算 .....             | 26 |
| 图表 49 | 全球 PERC 设备规模测算 ( 亿元 ) .....      | 26 |

## 一、我国是全球最大的光伏生产国

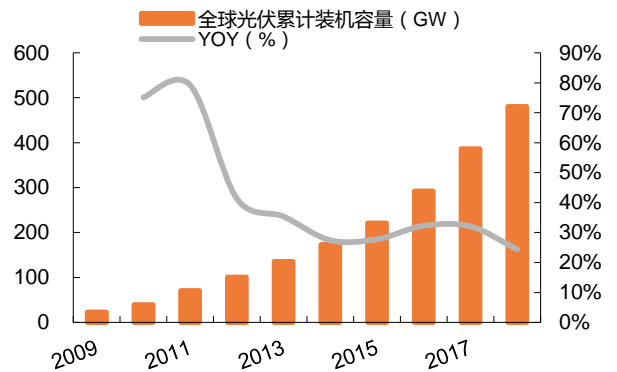
光伏电池是一种对光有响应并能将光能转化为电能的器件。光伏发电所用的太阳能具有普遍性、清洁性、长久性等特点，属于可再生能源。近几年全球光伏发电量占比持续提升，2017 年达到 1.9%。根据国际可再生能源署（IRENA）数据，截至 2018 年底，全球光伏发电累计装机量达 480GW，2009-2018 年增长了 20 倍。根据国际能源署（EIA）预测，2030 年全球光伏累计装机量有望达到 1721GW（2018-2030 年复合增速约 11%），到 2050 年将进一步增加至 4670GW（2030-2050 年复合增速约 5%）。光伏发电有望在未来成为主要的发电方式之一。

图表1 全球光伏发电量占比



资料来源：BP，平安证券研究所

图表2 全球光伏发电累计装机容量

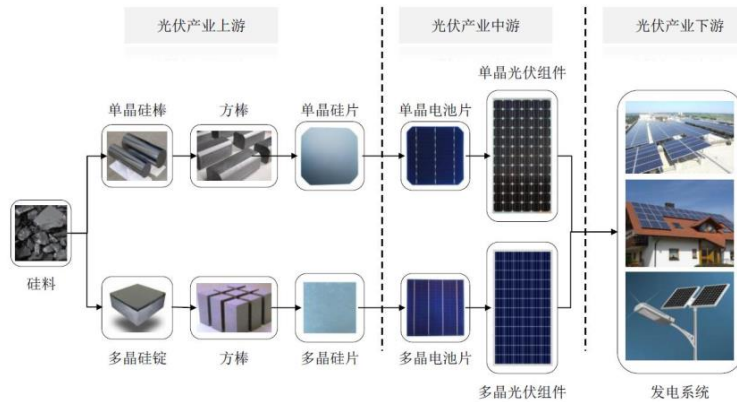


资料来源：国际可再生能源署，平安证券研究所

光伏电池主要分为晶硅电池和非晶硅电池（太阳能薄膜电池）。目前，晶硅电池占绝对比重（90%左右），本篇报告主要探讨晶硅电池的生产技术的创新和对应设备。晶硅电池产业链包括硅料（多晶硅）、硅片、电池片、组件、系统五个环节。其中上游为硅料、硅片，中游为电池片、组件，下游为光伏发电系统。

- **硅料**：当熔融的单质硅凝固时，硅原子以金刚石晶格排列成许多晶核，如果这些晶核长成晶面取向不同的晶粒，则形成多晶硅。多晶硅料是生产多晶硅片和单晶硅片的直接材料。
- **硅片**：硅料可以进一步加工成硅片，硅片分为单晶硅片和多晶硅片。
- **电池片**：硅片可以进一步加工成电池片。电池片正面和背面的金属电极用来收集光激发的自由电子和空穴，内部的 PN 结作用是将光激发的自由电子输送给 N 型硅，将自由空穴输送给 P 型硅，形成电流。
- **组件**：将不同规格的光伏电池片组合在一起称作组件。该过程需将电池片先串联获得高电压，再并联获得高电流，然后通过一个二极管（防止电流回输）输出。
- **系统**：将光伏组件、逆变器等零部件组合起来，构成最后的光伏发电系统。

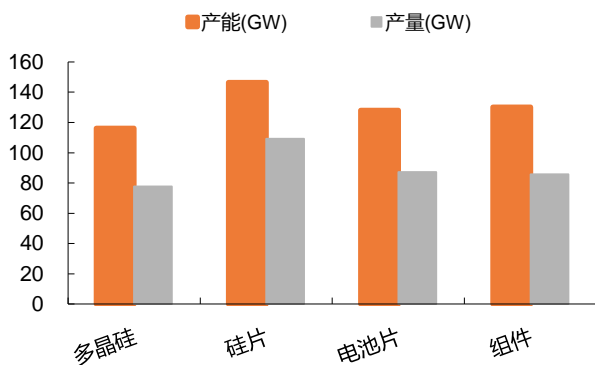
图表3 光伏产业链



资料来源：迈为股份招股书，平安证券研究所

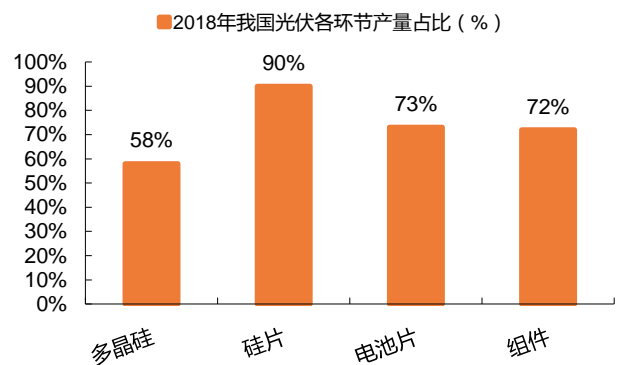
根据 CPIA（中国光伏行业协会）数据，2018 年我国多晶硅、硅片、电池片、组件有效产能分别达 116.1GW、146.4GW、128.1GW、130.1GW，产量分别为 77.7GW、109.2GW、87.2GW、85.7GW（其中多晶硅产能和产量分别为 38.7 万吨和 25.9 万吨，折算成 GW）。2018 年我国多晶硅、硅片、电池片、组件产量占全球总产量的比重分别为 58%、90%、73%、72%。我国是全球最大的光伏生产国。

图表4 2018 年底我国光伏行业有效产能及产量



资料来源：CPIA，智汇光伏，平安证券研究所

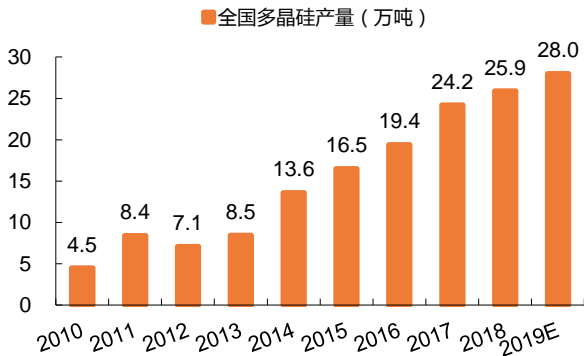
图表5 2018 年光伏产业各环节中国产量占比



资料来源：CPIA，智汇光伏，平安证券研究所

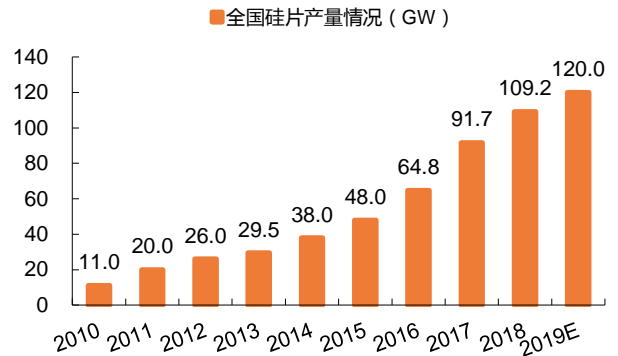
2010-2018 年，我国多晶硅、硅片、电池片、组件产量分别增加了 4 倍、8 倍、7 倍和 6 倍多。我国光伏行业仍处于成长期，未来发展空间巨大。

图表6 我国多晶硅产量



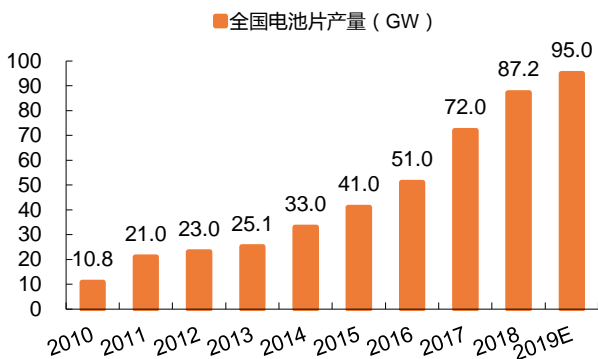
资料来源: CPIA, 平安证券研究所

图表7 我国硅片产量



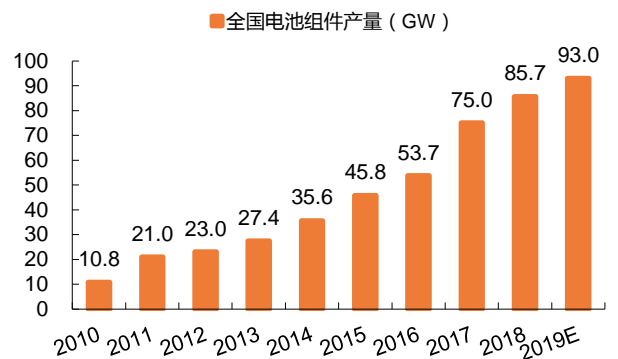
资料来源: CPIA, 平安证券研究所

图表8 我国电池片产量



资料来源: CPIA, 平安证券研究所

图表9 我国组件产量



资料来源: CPIA, 平安证券研究所

全球光伏生产中心建立的背后是,我国诞生了一批知名的光伏制造企业。如:在多晶硅领域的江苏中能、新特能源、新疆大全;硅片环节的协鑫、隆基、中环;电池片和组件领域的晶澳、晶科、天合等。我国包揽了多晶硅、硅片、电池片、组件四大环节前十名公司的绝大多数。

图表10 我国诞生了众多全球领先的光伏制造企业

| 全球领先企业 |   |
|--------|---|
| 多晶硅    | 江苏中能、Wacker、OCI、新特能源、新疆大全、四川永祥、洛阳中硅、Hemlock、东方希望、亚洲硅业 |
| 硅片     | 协鑫、隆基、中环、晶科、晶澳、荣德新能源、环太集团、阿特斯、天合光能、英利                 |
| 电池片    | 晶澳、通威、韩华、天合光能、晶科、阿特斯、广东爱旭、隆基绿能、顺风光电、东方日升              |
| 组件     | 晶科、晶澳、韩华、隆基绿能、天合光能、阿特斯、协鑫、东方日升、First Solar、越南光伏       |

资料来源: 智汇光伏, 平安证券研究所

备注: 加粗的公司为海外公司



## 二、 生产技术持续创新，推动设备加速迭代

光伏设备的增长机会来自光伏制造企业产能的扩张以及设备的更换。光伏行业呈现“一代技术，一代设备”的特点，技术的创新，推动了设备加速迭代，也成就了一批又一批光伏设备企业。

目前光伏行业面临平价上网的重要挑战，降低度电成本（LCOE）意义非凡，高效电池产能受到越来越多的客户的认可。为了追求更高的光电转换效率（指电池的电荷载流子数目与照射在太阳能电池表面一定能量的光子数目的比率），光伏企业积极创新，并不断扩张高效电池产能，也带来了光伏设备的投资机会。

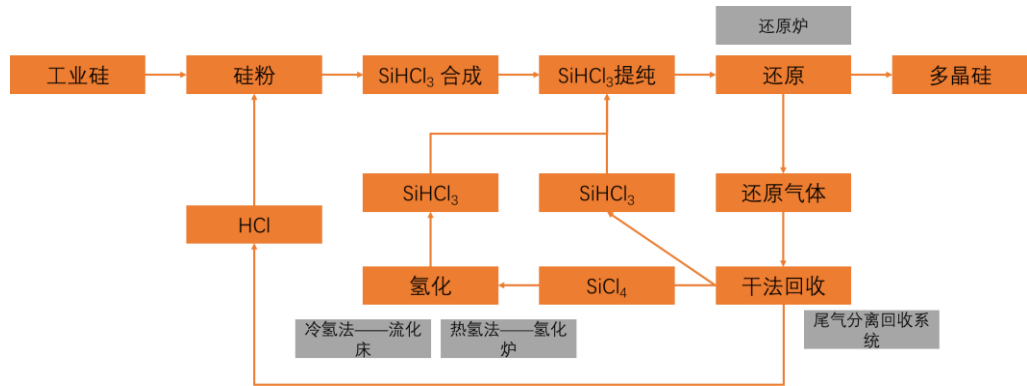
生产光伏电池主要分为四大流程：硅料制程、硅片制程、电池片制程和组件制程。我们将分别分析不同环节的工艺制程，并对技术创新点重点分析，挖掘光伏设备行业的机遇。

### 2.1 硅料：生产技术成熟，设备市场稳健

当前主流的多晶硅（硅料）生产技术主要有三氯氢硅西门子法（改良西门子法）和硅烷流化床法，产品形态分别为棒状硅和颗粒硅。改良西门子法生产工艺成熟，2018年采用此方法生产出的棒状硅约占据全国总产量的96%，是主流生产工艺。

改良西门子法的原理是在1100℃左右的高纯硅芯上用高纯氢还原高纯三氯氢硅，生成多晶硅沉积在硅芯上。该方法主要包括四个流程：1) 三氯氢硅的合成与提纯。2) 三氯氢硅的氢还原。3) 四氯化硅的氢化分离。4) 尾气的干法回收。

图表11 改良西门子法制备硅料流程及核心设备



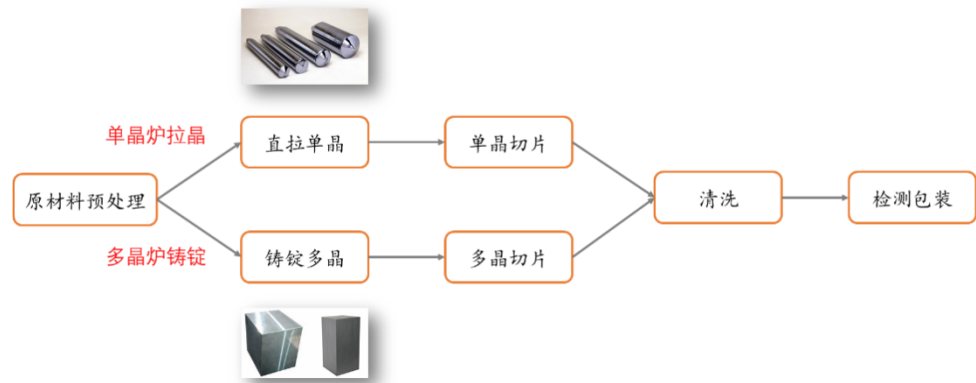
资料来源：CNKI，平安证券研究所

改良西门子法主要设备包括还原炉、氢化炉、流化床等。其中核心设备还原炉和氢化炉2012年之前基本被海外企业垄断，如Centrotherm、美国GT、美国PPP公司等。2012年之后，国内企业双良节能和上海森松等企业逐步切入该领域，顺利实现了国产替代。多晶硅环节产能扩张平稳，近几年未出现革命性的技术创新。

### 2.2 硅片：单晶硅片渗透率提升

光伏硅片分为单晶硅片和多晶硅片。硅片的生产流程主要包括：1) 原材料预处理；2) 直拉单晶/多晶铸锭；3) 切片；4) 清洗；5) 检测包装。其中单晶直拉/多晶铸锭是流程难点，对应设备单晶生长炉和多晶铸锭炉难度最高。

图表12 硅片制备流程



资料来源：天业通联公司公告，平安证券研究所

图表13 硅片制备工艺的流程介绍

| 流程            | 简述  |
|---------------|---|
| 原材料预处理        | 对硅料进行预处理，为后续拉晶铸锭做准备。  |
| 直拉单晶/<br>多晶铸锭 | 直拉单晶：将硅料装入圆形坩埚，吊装入单晶炉内进行高温熔化，炉腔内保持负压并冲入氩气保护，在高温下由籽晶引发单晶硅棒定向生长后，形成内部晶粒有序、排列方向一致的单晶硅棒。<br>多晶铸锭：将配制好的硅料放入坩埚，坩埚放入熔铸炉内加热生成晶锭，熔铸过程需要融入氩气保护。然后将冷却后的多晶硅锭和坩埚一起从铸锭炉中取出，敲碎坩埚，获得多晶硅锭。 |
| 切片            | 将单晶硅棒、多晶硅锭切割成单晶硅片、多晶硅片。   |
| 检测包装          | 对硅片进行检验分选，检验指标为硅片尺寸、厚度、表面质量等，最后将合格成品进行包装。   |

资料来源：天业通联公司公告，平安证券研究所

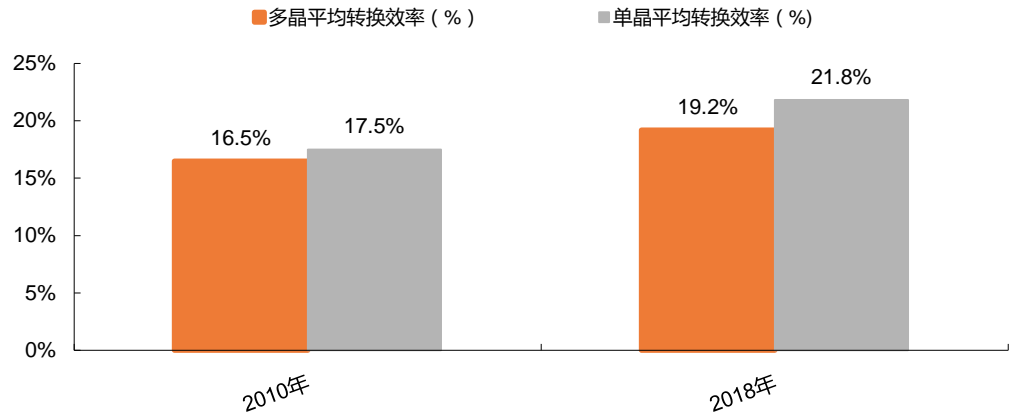
硅片制程所需要的主要设备为：单晶生长炉/多晶铸锭炉、切磨抛设备（切片、研磨、抛光）。

- 单晶炉供应商：晶盛机电、北方华创、京运通、天龙光电、美国 Kayex、德国 PVA 等。
- 多晶炉供应商：晶盛机电、京运通、精功科技、美国 GT Solar、德国 ALD 等公司。
- 切磨抛设备供应商包括：上机数控、连城数控、日本小松 NTC、瑞士 Meyer Burger 等公司。
- 金刚线（切片耗材）供应商：三超新材、岱勒新材、杨凌美畅、东尼电子等公司。

单晶和多晶路线之争由来已久，近年来市场正在发生变化，单晶的趋势愈发明显。

首先，单晶电池具备更高的光电转换效率。在晶体硅中，单晶硅具有规则的结构，因而光电转换效率较多晶硅高。2018 年，多晶电池平均转换效率约为 19.2%，单晶电池平均转换效率为 21.8%。我们认为，随着技术的推进，单晶电池转换效率仍有提升空间，将继续保持领先优势。其次，单晶和多晶电池组件每瓦成本差距逐渐缩小。多晶凭借成本优势，一度占据较高市场份额。2017 年前后，随着单晶连续投料、金刚线切割等技术的发展，单晶和多晶的成本差距越来越小。2017 年年初，单晶组件和多晶组件成本约相差 0.2 元/W，到 2018 年底两者仅相差 0.06 元/W。单晶 PERC 组件成本略高一些，未来有较大的下降空间。

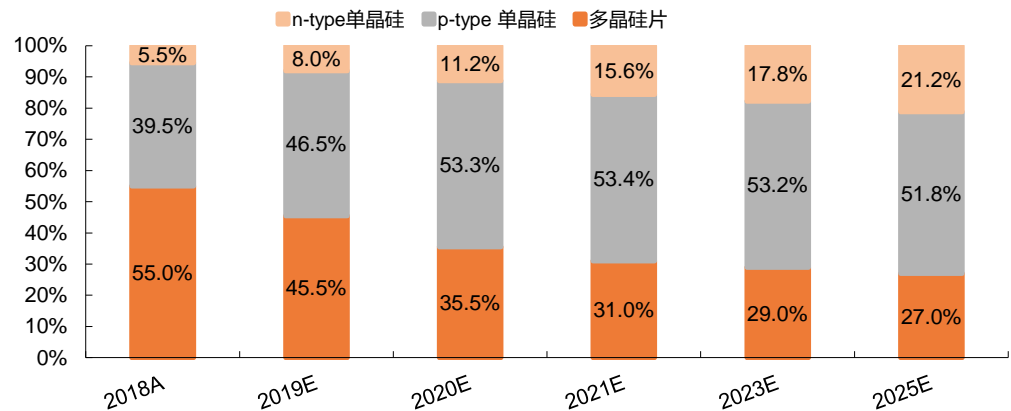
图表14 单晶电池片光电转换效率高于多晶电池片



资料来源: CPIA, 平安证券研究所

根据 CPIA 数据, 2018 年两种类型的单晶硅 (N 型和 P 型) 合计占比 45%, 到 2019 年单晶硅占比将达 55%, 超过多晶硅片, 成为市场主导。预计 2025 年, 单晶市场份额将提升至 73%。单晶渗透率提升推动国内单晶硅片产能扩张, 建议关注国内单晶炉龙头企业晶盛机电。

图表15 单晶硅片和多晶硅片市场占比趋势变化



资料来源: CPIA, 平安证券研究所

## 2.3 电池片: PERC 电池持续扩张, N 型电池蓄势待发

电池片环节技术路线较多, 根据硅片种类可以分为单晶电池和多晶电池, 多晶技术路线主要向黑硅多晶、铸锭单晶路线发展; 单晶根据衬底掺杂元素不同分为 P 型电池和 N 型电池。P 型硅片制作工艺简单, 成本较低, 是目前单晶电池主流产品; N 型硅片通常寿命较长, 电池效率可以更高, 但是工艺更加复杂。

- 在纯硅上先掺杂硼 (最外层含有 3 个电子), 可以得到 P 型硅, 在 P 型硅上面扩散磷元素, 形成 n+p 型结构的太阳电池即为 P 型硅片。
- 在纯硅上先掺杂磷 (最外层含有 5 个电子), 可以得到 N 型硅, 向 N 型硅其注入硼元素, 形成 p+n 型结构的太阳电池即为 N 型硅片。

传统单晶和多晶电池主要技术路线为铝背场技术 ( Al-BSF ) , P 型单晶的新型技术包括 PERC 路线, N 型单晶的新型技术路线包括 PERT ( 可以进一步升级为 TOPCON )、HJT、IBC 等路线。

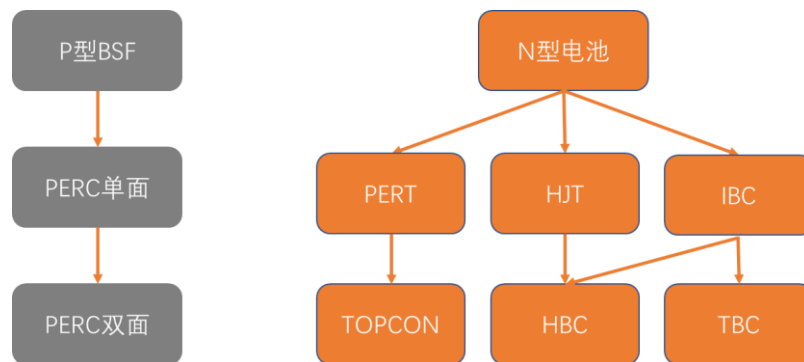
图表16 不同电池片生结构和制备技术

| 名称     | 不同电池结构和制备技术  |
|--------|--|
| Al-BSF | 铝背场电池 ( Aluminium back surface field ) ——为改善太阳能电池的效率, 在 PN 结制备完成后, 在硅片的背光面沉积一层铝膜, 制备 P+层, 称为铝背场电池。                     |
| PERC   | 发射极钝化和背面接触 ( Passivated emitter and rear contact ) ——利用特殊材料在电池片背面形成钝化层作为背反射器, 增加长波光的吸收, 同时增大 P-N 极间的电势差, 降低电子复合, 提高效率。 |
| PERT   | 发射极钝化和全背面扩散 ( Passivated emitter rear totallydiffused ) ——PERC 技术的改进型, 在形成钝化层基础上进行全面的扩散, 加强钝化层效果。                      |
| TOPCON | 隧穿氧化层钝化接触 ( Tunnel Oxide Passivated Contact ) ——在电池背面制备一层超薄氧化硅, 然后再沉积一层掺杂硅薄层, 二者共同形成了钝化接触结构。                           |
| HJT    | 具有本征非晶层的异质结 ( Heterojunction with intrinsic thin layer ) ——在电池片里同时存在晶体和非晶体级别的硅, 非晶硅的出现能更好地实现钝化效果。                      |
| IBC    | 交指式背接触 ( Interdigitated back contact ) ——把正负电极都置于电池背面, 减少置于正面的电极反射一部分入射光带来的阴影损失。                                       |

资料来源: 捷佳伟创招股书, 平安证券研究所

电池片技术创新的主要动力是追求更高的转换效率。我们认为, 未来 P 型高效电池技术发展路线为: Al-BSF——>PERC 单面——>PERC 双面。N 型高效电池技术发展路线为: PERT——>TOPCON; HJT——>HBC; IBC——>HBC/TBC。其中, PERC、PERT、HJT 几种新型技术与传统的 Al-BSF 生产流程类似, 属于渐进式创新, 而 IBC 技术制作流程差别较大, 属于革命性创新。

图表17 高效电池技术路线选择



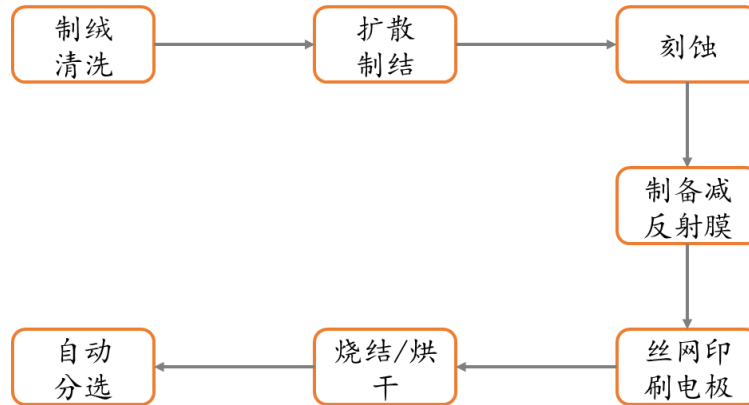
资料来源: 索比光伏网, 平安证券研究所

### ( 1 ) Al-BSF 电池

Al-BSF ( 常规铝背场电池 ) 指在 PN 结制备完成后, 在硅片的背光面沉积一层铝膜, 制备 P+层的光伏电池。铝背场的作用有: 1) 表面钝化, 降低背表面复合速率; 2) 作为背反射器, 增加光程, 提高短路电流; 3) 作为电极输出端。

AI-BSF 电池片生产工艺包括制绒清洗、扩散制结、刻蚀、制备减反射膜、印刷电极、烧结及自动分选七道工序，各道工序采用自动化程度较高的生产设备。除此之外，晶体硅太阳能电池生产过程中还涉及其他非关键的自动化等设备，如自动化装卸片机和自动化上下片机、硅片清洗设备等。

图表18 AI-BSF 电池片生产流程图



资料来源：捷佳伟创招股书，平安证券研究所

图表19 AI-BSF 电池片工艺流程及相关设备

| 生产工序   | 内容   | 关键工艺设备            |
|--------|--|-------------------|
| 制绒清洗   | 用常规的硅片清洗方法清洗，然后用酸（或碱）溶液将硅片表面切割损伤层除去；再用化学溶液对硅片进行化学处理，在硅片表面制备出用于减反射绒面；最后进行干燥处理。    | 制绒清洗设备            |
| 扩散制结   | 把硅片放在管式扩散炉的石英容器内，在高温下使用氮气将掺杂物质带入石英容器进行反应。经过一定时间，掺杂物质通过硅原子之间的空隙向硅片内部渗透扩散，形成 PN 结。 | 扩散炉               |
| 刻蚀     | 通过化学腐蚀法去除掺杂后的硅片边缘的 PN 结和表面的磷硅玻璃层。  | 刻蚀设备              |
| 制备减反射膜 | 通过在电池正面生长减反射膜减少光的反射。   | 管式 PECVD、板式 PECVD |
| 印刷电极   | 通过丝网印刷制备前后电极。  | 丝网印刷设备            |
| 烧结     | 通过高温烧结形成良好的欧姆接触。   | 快速烧结炉             |
| 自动分选   | 对不同转换效率的电池片进行分档。   | 自动分选机             |

资料来源：捷佳伟创招股书，平安证券研究所

AI-BSF 光伏电池片制造环节需要用到六大设备，这些设备均有国内供应商。其中，捷佳伟创是电池片设备商龙头（核心产品包括制绒清洗设备、扩散设备和 PECVD），迈为股份是丝网印刷设备龙头，罗伯特科是自动化设备的领先企业。

图表20 电池片工艺设备的国内外供应商

| 设备       | 国内公司                       | 国外公司   |
|----------|----------------------------|--|
| 清洗设备     | 捷佳伟创、上海思恩、张家港超声、上海釜川、北方华创  | -  |
| 制绒和刻蚀设备  | 捷佳伟创、苏州聚晶                  | 德国的 Schmid、德国 RENA   |
| 扩散炉      | 捷佳伟创、丰盛装备、中电集团公司 48 所、北方华创 | 荷兰 Tempress Systems、德国 Centrotherm Photovoltaics AG                |
| PECVD 设备 | 捷佳伟创、北方华创、丰盛装备、中电集团公司 48 所 | 德国 Centrotherm Photovoltaics AG、德国 Roth & Rau（2011 年被 Meyer Burger |

| 设备     | 国内公司                | 国外公司                                |
|--------|---------------------|-------------------------------------|
|        |                     | 收购)、荷兰 Tempres Systems, Inc, 美国应用材料 |
| 丝网印刷设备 | 迈为股份、东莞克隆威          | 美国 Applied Materials、德国 ASYS、英国 DEK |
| 自动化设备  | 捷佳伟创、罗博特科、先导智能、无锡江松 | 德国 Jonas&Redmann、德国 Schmid、德国 MANZ  |

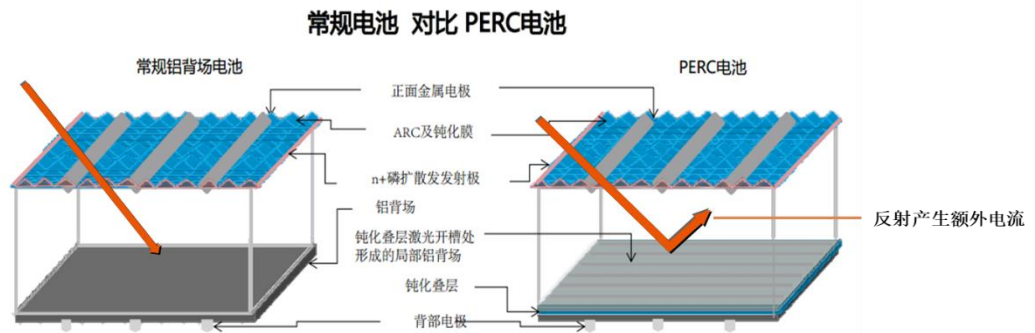
资料来源：捷佳伟创招股书，平安证券研究所

## (2) PERC 电池

Al-BSF（常规铝背场电池）铝背层的红外辐射光只有 60-70%能被反射，产生较多光电损失，因此在光电转换效率方面具有先天的局限性。**PERC 技术**通过在电池背面附上介质钝化叠层（ $Al_2O_3+SiN_x$ ），产生更多反射光增加额外电流，可以较大程度减少这种光电损失。

PERC，即发射极钝化和背面接触（Passivated emitter and rear contact），利用特殊材料在电池片背面形成钝化层作为背反射器，增加长波光的吸收，同时增大 P-N 极间的电势差，降低电子复合，提高效率。PERC 不仅可以做成单面，还可以做成双面电池。

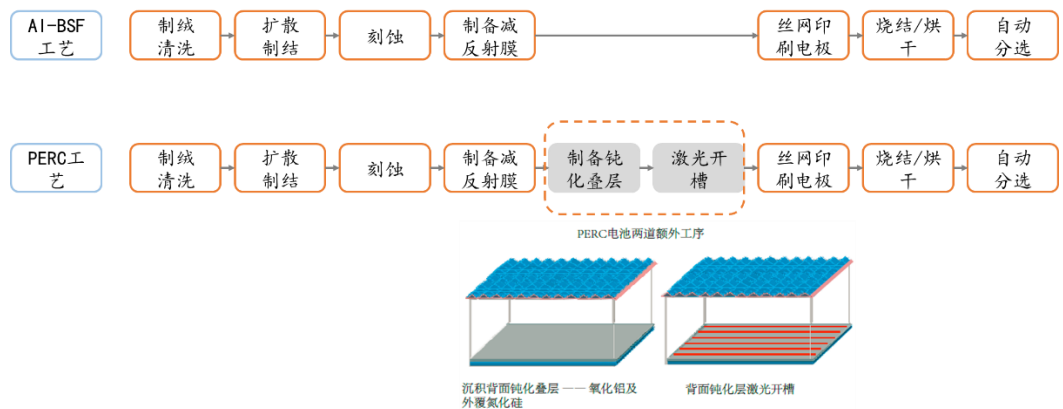
图表21 PERC 电池与常规铝背场电池对比



资料来源：CPIA，TaiyangNews，平安证券研究所

PERC 工艺主要在常规电池生产工艺中增加了两道额外工序，一是沉积背面钝化叠层（增强背面钝化反射能力），二是背面钝化层激光开槽（打通钝化叠层形成电学通路）。PERC 电池不需要另开生产线，在常规电池生产流程中增加两道工序即可完成升级，需要增加的设备是背部钝化设备（PECVD）和激光开槽设备。近几年，PERC 产能快速扩张过程中，PECVD 和激光开槽设备业绩弹性最大。**PERC 设备基本国产化，PECVD 主要由捷佳伟创、北方华创、丰盛装备**等公司供应，**激光开槽设备**主要由帝尔激光、大族激光等公司供应。

图表22 PERC 比 AI-BSF 工艺额外增加了两道工序



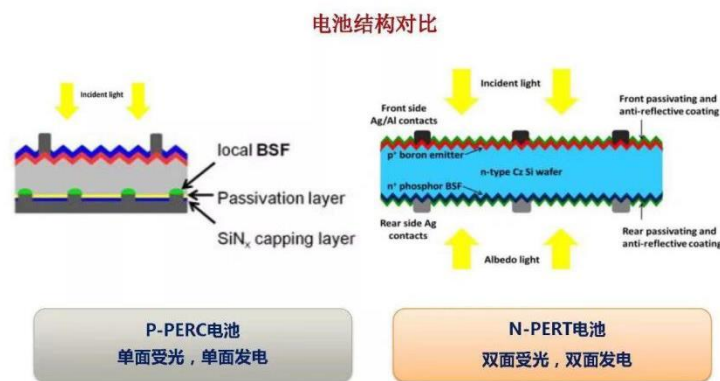
资料来源：CPIA, TaiyangNews, 平安证券研究所

### (3) N-PERT 电池

AI-BSF 和 PERC 采用 P 型硅制造，普遍存在光致衰减（LID，指组件首次暴露在光照下后功率损失的百分比）现象，主要是硼氧复合引起。其次，由于 PERC 电池中常用的掺杂水平较高，因此采用 PERC 技术后，LID 的负面效应会增加。N 型电池不存在 LID 现象，同等掺杂情况下，N 型电池光电转换效率高于 P 型电池。随着市场对光电转换效率重视度的提升，N 型电池有望成为未来趋势。PERT、HJT、IBC 电池均为 N 型电池技术路线。

PERT（钝化发射极背表面全扩散电池）是一种典型的双面电池。相比 PERC 电池，PERT 电池采用了 N 型硅作衬底，降低了 LID 现象；其次这种电池的正面和反面均可以接受光照并能产生光电压和电流，能够有效提升光电转换效率。

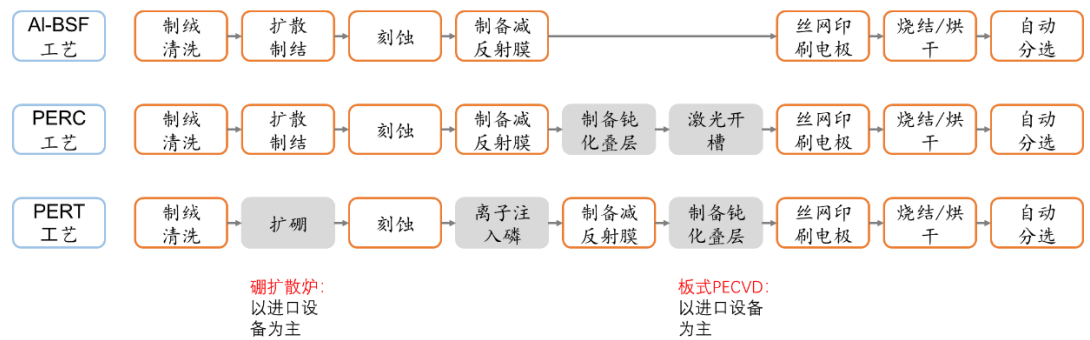
图表23 N-PERT 与单面 PERC 电池对比



资料来源：摩尔光伏，平安证券研究所

相比 BSF 生产工艺，N-PERT 电池制造流程区别在于正面扩硼、背面离子注入磷和背面钝化叠层的制备，需要的设备包括硼扩散炉、离子注入机和板式 PECVD，目前硼扩散炉和板式 PECVD 依赖进口。此外，相比 PERC 工艺，PERT 由于背面钝化叠层膜为  $\text{SiO}_2+\text{SiN}_x$ （PERC 采用了  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiN}_x$ ，形成了绝缘的介电层），减少了激光开槽工艺。

图表24 N-PERT 电池工艺及核心设备



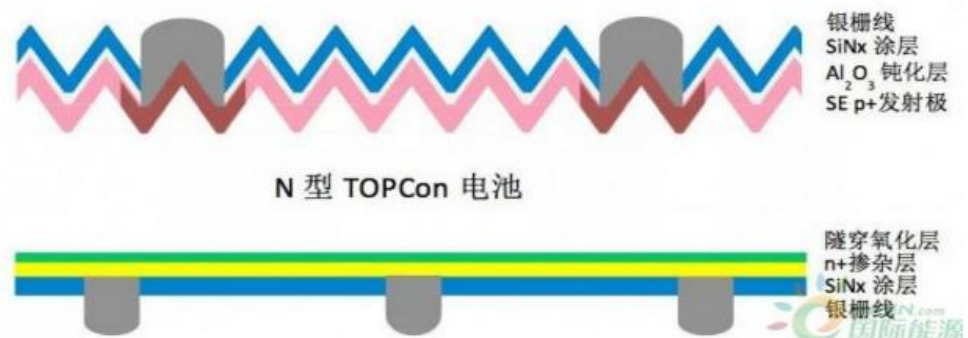
资料来源: 摩尔光伏, 平安证券研究所

#### (4) TOPCON 电池

N-PERT 电池虽然实现了双面发电, 但效率提升有限, 与 PERC 电池相比没有性价比优势。PERT+TOPCON 电池可以进一步提高转换效率, 有望成为下一代产业化的 N 型高效电池。

TOPCON (隧穿氧化层钝化接触) 技术是在电池背面制备一层超薄的隧穿氧化层和一层高掺杂的多晶硅薄层, 二者共同形成了钝化接触结构。超薄氧化层可以使多子电子隧穿进入多晶硅层同时阻挡少子空穴复合, 电子在多晶硅层横向传输被金属收集, 从而极大地降低了金属接触复合电流, 提升了电池的开路电压和短路电流。

图表25 TOPCON 技术结构图



资料来源: 国际能源, 平安证券研究所

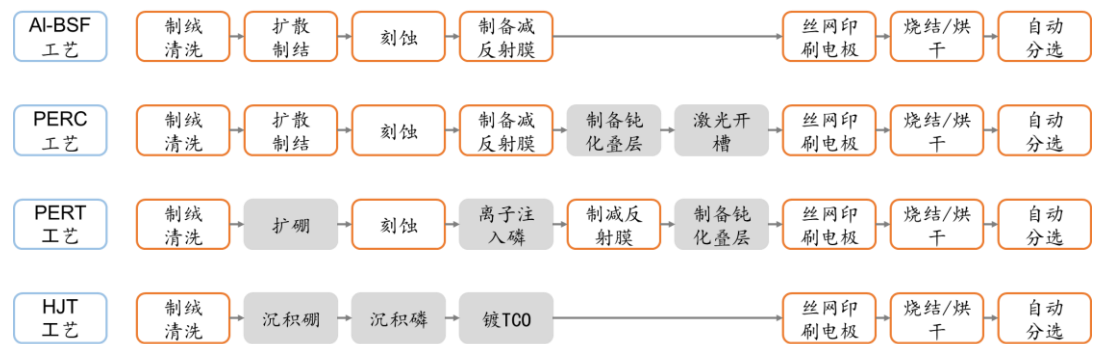
TOPCON 技术可以作为 N-PERT 技术的升级版, TOPCON 电池与 PERT 电池生产工艺兼容, 主要区别在于背面钝化叠层镀膜工艺有所差异, TOPCON 电池背面需要制备隧穿氧化层(硝酸湿法氧化)和多晶硅薄层 (PECVD 沉积) 的工艺。PERT 产线升级为 TOPCON 产线, 效率增幅大, 成本增加少。与 PERT 电池设备类似, TOPCON 电池工艺的中硼扩散设备、背面多硅薄层镀膜设备、磷扩散设备主要依赖进口, 捷佳伟创等国内企业正在进入。

#### (5) HJT 电池

HJT (异质结) 电池同样是 N 型电池, 是一种利用晶体硅 (c-Si) 和非晶硅 (α-Si) 薄膜制成的光伏电池。HJT 电池工艺比 PERC 和 PERT 简单, 主要流程包括制绒清洗、生长非晶硅薄膜 (CVD 沉积硼和磷)、双面镀 TCO (透明导电薄膜)、丝网印刷、烧结。



图表26 HJT 电池工艺流程及对比分析



资料来源：摩尔光伏，平安证券研究所

HJT 电池技术优势包括：1) 电池结构简单，工艺流程短。2) 电池开压高。3) HJT 电池工艺一般在 200℃以下，对硅底材料要求低；热能投入少，同时对环境洁净度要求较低。4) 可以双面发电。5) 柔性好，可以制备柔性组件。HJT 电池凭借非常高的转换效率（2019 年平均效率达 23%，比 P 型电池高 1%-2%），被给予厚望，但目前 HJT 电池生产设备价格昂贵，投资成本高，降低成本是首要任务。综合来看，我们认为 HJT 电池具备工艺流程短、转换效率高优势，有望成为下一代主流电池技术，建议关注具备竞争优势的 HJT 电池设备供应商。

生产 HJT 电池的核心设备包括槽式清洗设备、非晶硅薄膜生长设备 Cat-CVD、PECVD，以及 TCO 镀膜设备的 PVD 和 RPD，核心设备主要依赖进口。2019 年年初，理想万里晖在某标志性百兆瓦级 HJT 项目的 PECVD 设备国际竞标中，战胜了瑞士 Meyer Burger 和美国的应用材料，成功夺标。这是我国不依赖海外技术第一次在高端板式 PECVD 领域打败了海外巨头。

图表27 HJT 电池设备情况

| 工艺     | 设备      | 供应商                           | 使用公司       |
|--------|---------|-------------------------------|------------|
| 清洗绒    | 槽式      | YAC (日本)、Singulus (德国)        | 泰兴中智、汉能、晋能 |
|        | Cat-CVD | Ulvac (日)                     | 泰兴中智       |
| 非晶硅镀膜  | PECVD   | Ulvac、MB (德国)、理想万里晖、精曜 (台湾地区) | 晋能、汉能、上彭   |
|        | PVD     | 冯、阿登纳、MB (德国)                 | 泰兴中智、汉能、上彭 |
| TCO 镀膜 | RPD     | 精曜 (台湾地区)                     | 晋能         |

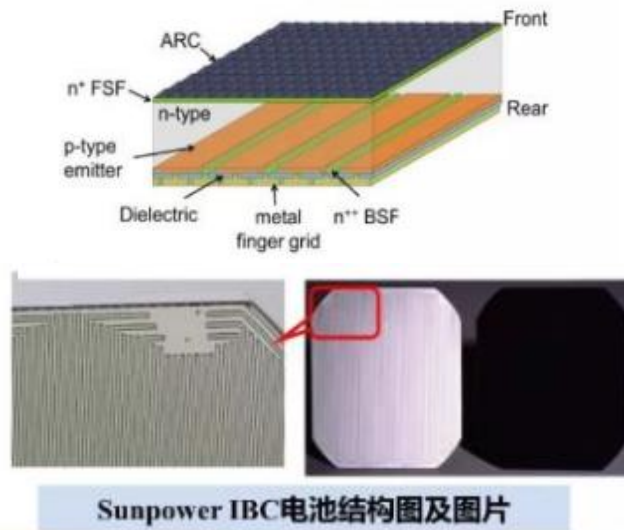
资料来源：摩尔光伏，平安证券研究所

### (6) IBC 电池

IBC (交叉背接触电池技术)指电池正面无电极，正负两极金属栅线呈指状交叉排列于电池背面。IBC 电池将 PN 结、基底与发射区的接触电极以叉指形状全部做在电池背面，完全消除了前表面栅线的遮光，同时无须考虑前表面减反射结构对电极接触的影响，为前表面陷光结构和实现更低反射率提供了更大的优化空间和潜力。根据 CPIA 数据，2019 年 IBC 电池转换效率约为 23.6%，是目前量产转换效率最高的电池。

IBC 电池的优势在于开压高，无栅线遮挡，全背面金属化，填充高，串阻低。但是 IBC 电池对衬底质量要求高，工艺复杂，成本非常高，目前量产的企业非常少。日本 Kaneka 公司将 HJT 技术和 IBC 技术结合创造了更加高效的电池，称为 HBC (Hetero-junction Back Contact) 技术，创造了实验室最高转换效率 26.6%的世界纪录。HBC 电池比 HJT 电池最大的特点是没有前表面栅线电极，极大降低了栅线对太阳光的遮挡。

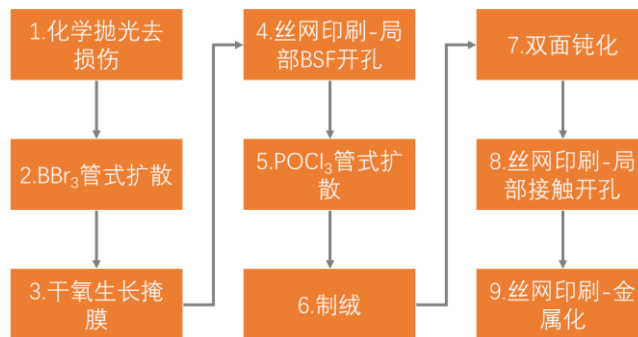
图表28 IBC 电池结构图



资料来源：摩尔光伏，平安证券研究所

IBC 制造工艺与 BSF、PERC、N-PERT、TOPCON、HJT 等流程完全不同，是全面的创新。具体流程包括：1.化学抛光去损伤；2.BBr<sub>3</sub> 管式扩散；3.干氧生长掩膜；4.丝网印刷、局部 BSF 开孔；5.POCl<sub>3</sub> 管式扩散；6.制绒；7.双面钝化；8.丝网印刷-局部接触开孔；9.丝网印刷-金属化。IBC 电池技术目前主要停留在实验室阶段，量产企业非常少，相关设备公司正在积极研发。

图表29 IBC 电池工艺流程



资料来源：摩尔光伏，平安证券研究所

图表30 各种晶硅电池片工艺对比

|   | 常规铝背场电池   | P 型 PERC 单晶电池  | N 型双面电池   | HJT 电池    |
|---|-----------|--|---|-----------|
| 1 | 制绒清洗      | 制绒清洗   | 制绒清洗  | 制绒清洗      |
| 2 | 扩磷        | 扩磷   | 扩硼  | 沉积硼       |
| 3 | 刻蚀        | 刻蚀   | 刻蚀  | -         |
| 4 | 清洗        | 清洗   | 清洗  | -         |
| 5 | -         | -  | 离子注入磷   | 沉积磷       |
| 6 | 正面        | 正面制备减反射膜   | 正面制备减反射膜  | 镀 TCO     |
| 7 | -         | 背面制备介电层 ( 镀 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SiN <sub>x</sub> ) | 背面制备钝化叠层 ( 镀 SiO <sub>2</sub> +SiN <sub>x</sub> ) | 镀 TCO     |
| 8 | -         | 激光开槽   | -   | -         |
| 9 | 3 丝印+3 烘干 | 3 丝印+3 烘干  | 3 丝印+3 烘干   | 3 丝印+3 烘干 |

|      | 常规铝背场电池 | P 型 PERC 单晶电池                              | N 型双面电池           | HJT 电池                |
|------|---------|--|-------------------|-----------------------|
| 10   | 测试分选    | 测试分选                                       | 测试分选              | 测试分选                  |
| 高难工艺 |         | 镀 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、<br>激光开孔 | 扩磷、离子注入磷、<br>双面镀膜 | PECVD 沉积磷，双<br>面镀 TCO |

资料来源：智慧能源，CPIA，平安证券研究所

备注：橙黄色标注工艺为高难工艺，IBC 电池工艺与其他工艺差别较大，未进行对比

根据 CPIA 数据，2019 年 PERC、PERT+TOPCON、HJT、IBC 电池转换效率分别为 22.1%、22.0%、23.0%、23.6%。N 型电池转换效率更高，有望被更多客户认可。

图表31 各类电池平均转换效率

| 分类    | 2018A                      | 2019E | 2020E | 2021E | 2023E | 2025E |       |
|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 多晶    | BSF P 型多晶黑硅电池              | 19.2% | 19.4% | 19.7% | 19.9% | 20.2% | 20.5% |
|       | PERC P 型多晶黑硅电池             | 20.3% | 20.5% | 20.8% | 21.1% | 21.3% | 21.6% |
|       | PERC P 型单晶电池*              | 21.6% | 21.8% | 22.2% | 22.4% | 22.6% | 22.8% |
| P 型单晶 | PERC P 型单晶电池               | 21.8% | 22.1% | 22.4% | 22.6% | 22.8% | 23.0% |
| N 型单晶 | N-PERT+TOPCon 单晶电<br>池（正面） | 21.5% | 22.0% | 22.5% | 23.0% | 23.5% | 24.0% |
|       | HJT 单晶电池                   | 22.5% | 23.0% | 23.5% | 24.0% | 24.5% | 25.0% |
|       | IBC 型单晶电池*                 | 23.4% | 23.6% | 23.8% | 24.3% | 24.6% | 25.0% |

资料来源：CPIA，平安证券研究所

备注：PERC P 型单晶电池与 IBC 单晶电池 2018 年底时处于中试阶段

根据 CPIA 数据，2018 年，我国 BSF 电池市场占比为 60%，PERC 占比为 33.5%，是最主流的两类电池。由于高效电池受追捧，传统 BSF 市场份额将逐步萎缩。考虑到成本优势，PERC 率先推广，CPIA 预计 2018-2021 年，市场份额占比分别为 33.5%、50.6%、55.7%、60.8%。N 型电池包括 PERT、HJT、N-PERT 技术等蓄势待发，市场份额有望持续提高。建议关注 PERC 电池的核心设备供应商捷佳伟创、帝尔激光、迈为股份，同时关注积极布局 N 型电池设备的捷佳伟创和理想万里晖等公司。

图表32 不同电池技术市场份额变化

|               | 2018A | 2019E | 2020E | 2021E | 2023E | 2025E |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BSF 电池市场占比    | 60.0% | 39.4% | 30.0% | 17.3% | 10.6% | 5.0%  |
| PERC 电池市场占比   | 33.5% | 50.6% | 55.7% | 60.8% | 60.9% | 61.0% |
| N-PERT 电池市场占比 | 5.0%  | 8.0%  | 10.0% | 15.0% | 17.0% | 18.0% |
| HJT 电池市场占比    | 0.7%  | 1.0%  | 3.0%  | 5.0%  | 7.5%  | 10.0% |
| IBC 电池市场占比    | 0.1%  | 0.2%  | 0.5%  | 1.0%  | 3.0%  | 5.0%  |
| 其他技术市场占比      | 0.7%  | 0.8%  | 0.8%  | 0.9%  | 1.0%  | 1.0%  |

资料来源：CPIA，平安证券研究所

## 2.4 组件：MBB、半片、叠片技术多点开花

组件加工指将一片片光伏电池片封装，使其能够在户外恶劣的环境下运行。光伏组件封装工艺包括六大步骤：电池片检测、焊接和串焊、组件层叠、组件层压、安装边框和接线盒、成品测试。其中

核心工艺包括串焊、层叠、层压和检测，需要的核心设备包括串焊机、叠压设备、层压机、功率测试设备。

图表33 组件工艺及对应的设备

| 工艺名称     | 简介   | 相关设备                       |
|----------|--|----------------------------|
| 电池片检测    | 对电池片的外观、色差和电阻率进行检测，同时检测电池在特定光照、温度条件下的输出电流、输出电压和稳定耐用性等参数。 | 检测设备                       |
| 焊接/串焊    | 将电池片焊接成电池串   | 常规串焊机、多主栅串焊机、叠瓦机、激光划片机、贴膜机 |
| 组件层叠     | 将串焊后的电池串与玻璃、背板材料等叠层在一起                                   | 叠层设备                       |
| 组件层压     | 通过加热、加压把上述多层材料结合为整体                                      | 层压机                        |
| 安装边框和接线盒 | 启动装框机完成装框，粘上接线盒，把引线接入接线盒                                 | 装框机                        |
| 成品测试     | 功率测试分选   | 功率测试设备                     |

资料来源：奥特维招股书，平安证券研究所

目前国内主要的太阳能电池组件设备商包括金辰股份、奥特维、先导智能、苏州晟成、苏州宏瑞达、博硕光电等公司，海外公司包括瑞士 Meyer Burger 公司、德国 Schmid 公司、美国 Spire 公司等。

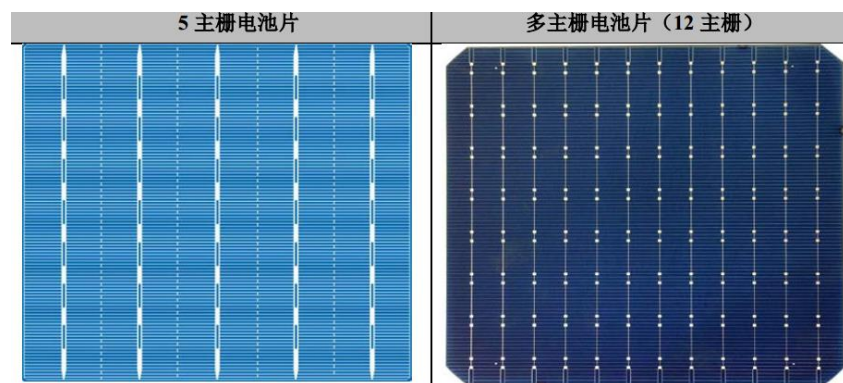
光伏组件的技术更新路线主要是为了降低制造成本，其中主要是用于制作栅线的银浆成本；其次是减少对受光区的遮挡；此外，还可以通过降低栅线电流进而降低电阻损耗，进而提高光电转换效率。

组件市场主要技术路线包括多主栅电池、半片或叠瓦电池。

### (1) 多主栅组件

多主栅 (MBB) 技术通过增加电池片上的主栅数量 (降低主栅宽度，从而降低银浆使用量)；降低对受光区的遮挡，提升受光面积；并使电池片上的电阻、电流分布更加均匀，从而降低阻抗损失。传统组件为 5 条主栅，MBB 一般指拥有 7 条以上的主栅线，市场主流为 12 条主栅。根据 CPIA 数据，同样 60 片电池片的组件，MBB 组件功率可以提高 2-3W。

图表34 多主栅电池与 5 主栅产品对比



资料来源：奥特维招股书，平安证券研究所

2018 年 5 主栅市场占比 85.0%，4 主栅占比 8.8%，MBB 占比仅为 3.8%。CPIA 预计到 2021 年，MBB、5 主栅、4 主栅占比分别为 53.3%、33.3%、0%，MBB 将超过 5 主栅，成为市场占比最大的光伏电池种类。

图表35 各种主栅产品市场份额变化

|                 | 2018A | 2019E | 2020E | 2021E | 2023E | 2025E |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 其他主栅技术市场占比      | 2.5%  | 2.5%  | 7.3%  | 13.3% | 16.7% | 23.3% |
| 多主栅市场占比 ( MBB ) | 3.8%  | 15.8% | 28.8% | 53.3% | 60.0% | 66.7% |
| 5 主栅市场占比        | 85.0% | 80.8% | 63.9% | 33.3% | 23.3% | 10.0% |
| 4 主栅市场占比        | 8.8%  | 1.0%  | 0.1%  | 0.0%  | 0.0%  | 0.0%  |

资料来源: CPIA, 平安证券研究所

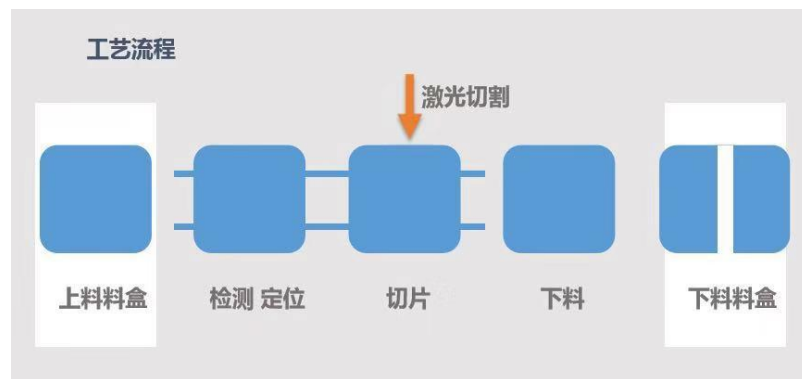
**MBB 技术要求主栅宽度更窄,提高了对多主栅串焊机的要求。**常规 5 主栅电池的主栅宽度为 1mm, MBB 电池的主栅可窄至 0.1mm、焊盘宽度只有约 0.4mm,焊带宽度大幅减小,焊带数量大幅增加,焊带的形状也由扁平状变为圆柱状,从而对串焊机的焊接能力、精度和稳定性提出了更高要求。

### (2) 半片组件

减小单片电池面积,降低电流,进而降低内部损耗同样可以提高组件功率。半片组件和叠瓦组件是两种解决方案。

全片组件指将标准规格电池片 ( 156mm✕156mm 或 125mm✕125mm ) 进行串焊层压组装得到的组件,半片电池组件指将标准规格电池片切分为两个半片电池片 ( 156mm✕78mm ), 然后进行焊接层压组装得到的组件。半片电池组件每根主栅的电流降低为原来的 1/2,内部损耗降低为原来的 1/4,进而提升组件功率,半片组件相较于传统组件可以提升 5-10W。半片组件工艺流程增加了激光划片的需求。

图表36 半片组件工艺及产品图

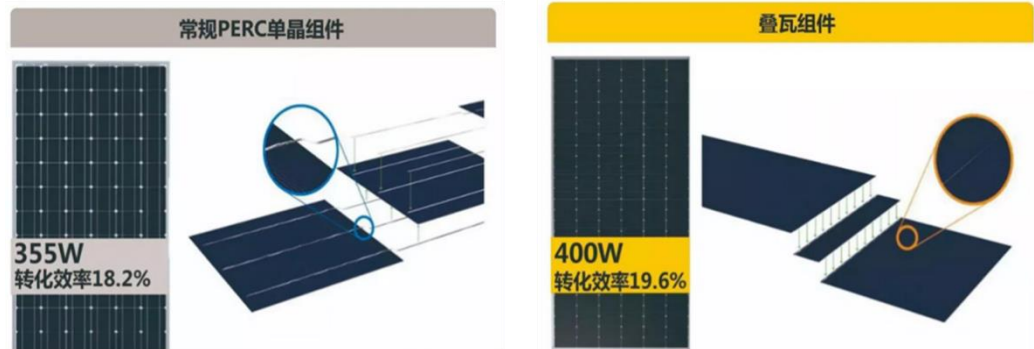


资料来源: 摩尔光伏, 平安证券研究所

### (3) 叠片组件

叠片 ( 叠瓦 ) 电池是将一块标准规格的电池片切割成 4-5 块,采用一种全新的排版方式制作而成的组件。叠片组件采用整体无主栅设计,通过一种类似导电胶的方式将电池片连接成串,省去了焊带焊接,减少了遮光面积,减少了内部损耗,比半片电池组件更有效的提高组件功率。**叠片电池工艺将增加激光划片机及和叠片机需求。**

图表37 叠片组件和常规 PERC 组件



资料来源：卡特光伏，平安证券研究所

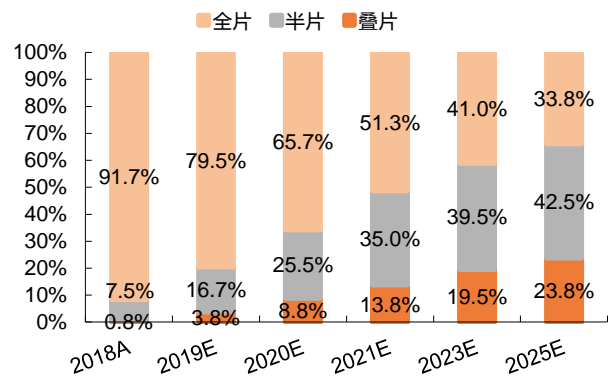
半片和叠片组件市场份额将快速提升。2018 年全片电池片的组件占据了绝大部分市场份额，但相比 2017 年降低了 7 个百分点至 91.7%。由于半片和叠片功率损失更小，未来市场份额将快速提升。CPIA 预计到 2021 年，全片、半片和叠片组件的市占率分别为 51.3%、35.0%、13.8%。

图表38 全片、半片和叠片技术的优缺点对比

|    | 优点  | 缺点   |
|----|---|--|
| 全片 | <ul style="list-style-type: none"> <li>可靠</li> <li>工艺简单</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>功率较低</li> </ul>   |
| 半片 | <ul style="list-style-type: none"> <li>功率密度提高</li> <li>功耗低</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>需要切片</li> <li>串焊效率低</li> </ul>                                  |
| 叠片 | <ul style="list-style-type: none"> <li>功率密度高</li> <li>功耗低</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>更多的切片</li> <li>特殊的串焊设备</li> <li>小片难于分选</li> <li>成本较高</li> </ul> |

资料来源：摩尔光伏，平安证券研究所

图表39 2018-2025 年全片、半片、叠片市占率变化趋势



资料来源：CPIA，平安证券研究所

MBB、半片或叠片组件渗透率的提升将带动激光划片机、串焊设备（多主栅串焊机、叠瓦机等）的需求增长。

我国激光划片机生产企业包括帝尔激光、奥特维等公司。常规串焊机和多主栅串焊机主要生产企业包括先导智能、奥特维和宁夏小牛等。积极布局叠片机的企业包括迈为股份、奥特维、金辰股份、沃特维、光远股份和先导智能。

图表40 新型组件工艺带来的新增设备及其供应商

| 设别名称  | 企业名称 | 企业简介  |
|-------|------|---|
| 激光划片机 | 帝尔激光 | 成立于 2008 年，2019 年于创业板上市，主要从事 PERC 激光激光消融设备、MWT 系列激光设备、全自动高速激光裂片机、SE 激光掺杂设备、LID 激光修复设备等。       |
|       | 奥特维  | 成立于 2010 年，科创板拟上市公司，主要从事光伏设备和锂电设备。公司的光伏设备已覆盖光伏产业链之硅片、电池片、组件环节，其核心产品是串焊机（含常规串焊机、多主栅串焊机）和硅片分选机。 |
|       | 金辰股份 | 成立于 1994 年，2017 年于主板上市公司，主要产品包括光伏组件自动化生产线、串焊机、叠片机、激光划片机、层压机等。                                 |

| 设别名称 | 企业名称 | 企业简介  |
|------|------|---|
| 串焊机  | 先导智能 | 成立于 2002 年，2015 年于创业板上市，主要从事锂电、光伏、3C、薄膜电容等设备的研发、设计、生产和销售。先导是市场上常规串焊机、多主栅串焊机的主要生产企业之一。 |
|      | 宁夏小牛 | 成立于 1999 年，主要光伏设备产品为串焊机、排版机、汇流带焊接机等。  |
|      | 奥特维  | 同上  |
| 叠片机  | 迈为股份 | 成立于 2010 年，2018 年创业板上市公司，主要产品为光伏电池片丝网印刷设备。因丝网印刷方式是叠片机的重要可能技术路线，在工艺应用上其具备较强技术基础。       |
|      | 沃特维  | 成立于 2013 年，主要产品包括激光划片机、叠瓦机、激光打标机等。  |
|      | 光远股份 | 成立于 2014 年，主要产品包括叠瓦机、激光划片机、多主栅串焊机、常规串焊机等。   |
|      | 金辰股份 | 同上  |
|      | 奥特维  | 同上  |
|      | 先导智能 | 同上  |

资料来源：奥特维招股书，平安证券研究所

我们认为，随着半片和叠片组件渗透率的提升，激光划片机、多主栅串焊机、叠片机设备商业绩有望持续向上，建议关注迈为股份、帝尔激光、金辰股份和先导智能，同时关注科创板拟上市公司奥特维。

## 三、 高效电池产能扩张，设备公司业绩景气向上

### 3.1 高效电池产能持续扩张

#### (1) 多晶硅

由于我国是全球最大的光伏生产国，我国光伏产业链各环节产能仍在持续扩张。根据智汇光伏数据，2019 年我国新增多晶硅产能 20 万吨左右，其中江苏中能、新特能源、通威、东方有望扩张较多。

图表41 2019 年多晶硅产能扩张代表企业

| 企业名称 | 扩产情况  |
|------|---|
| 江苏中能 | 2018 年底有 11.5 万吨的多晶硅产能，是全球最大的多晶硅生产企业；新疆将扩产 6 万吨，但江苏徐州的部分产能将退出，2019 年底仍然是 11.5 万吨的总产能。 |
| 新特能源 | 2018 年底有 3.6 万吨的多晶硅产能，2019 年将扩产 3.6 万吨，2019 年底实现 7.2 万吨的总产能。                          |
| 通威   | 2018 年底有 2 万吨的多晶硅产能，2019 年通威乐山、通威内蒙将分别新增 2.5 万吨产能，2019 年底实现 7 万吨的总产能。                 |
| 东方希望 | 2018 年底有 3 万吨的多晶硅产能，将扩产 5 万吨，2019 年底实现 8 万吨的总产能。                                      |

资料来源：智汇光伏，平安证券研究所

#### (2) 硅片

2019 年我国硅片环节约有 36GW 的扩产，大部分为单晶硅片的扩产。预计到 2019 年底，全国单、多晶硅片的总产能约为 185GW。单晶硅片产能的扩张将为单晶硅片生产企业，尤其是单晶炉企业带来直接机会。建议关注晶盛机电等公司。

图表42 2019年硅片产能扩张代表企业

| 企业名称 | 扩产情况   |
|------|--|
| 协鑫   | 2018年底有29GW的多晶硅片产能，是全球最大的多晶硅片生产企业；2019年将新增10GW的铸锭单晶硅片产能，原多晶硅片产能将部分退出。  |
| 隆基   | 2018年底有28GW的单晶硅片产能，是全球最大的单晶硅片生产企业；2019年将新增8GW的单晶硅片产能，2019年底总产能将达到36GW。 |
| 中环   | 2018年底有18GW的单晶硅片产能，2019年将新增12GW的单晶硅片产能，2019年底总产能将达到30GW。               |
| 晶科   | 2018年底有9.7GW的单、多晶硅片产能，2019年将新增5GW单晶硅片产能，2019年底总产能将达到15GW（单晶硅片11GW）。    |

资料来源：智汇光伏，平安证券研究所

### （3）电池片

根据智汇光伏数据，2019年我国电池片将有50GW的扩产，以单晶PERC为主，其中通威、爱旭、润阳、苏民新能源、展宇分别扩产8GW、3.8GW、9GW、3GW、2GW。预计到2019年底，全国单晶、多晶电池片的总产能约为170GW，其中约100GW为单晶PERC电池片产能。

近几年仍是PERC电池技术的爆发之年，相关设备商受益明显。PERT、HJT有望成为下一代电池片主流技术，板式PECVD、硼扩散炉等设备供应商有望把握新技术推广运用的潮流，公司业绩获得爆发性增长。建议关注捷佳伟创、帝尔激光、理想万里晖等公司。

图表43 2019年电池片产能扩张代表企业

| 企业名称  | 扩产情况   |
|-------|--|
| 通威    | 2018年底有12GW的电池片产能（9GW单晶电池片）；2019年将新增8GW的单晶电池片产能，2019年底总产能达到20GW。 |
| 爱旭    | 2018年底有5.4GW的高效电池片产能；2019年将新增3.8GW的单晶电池片产能，2019年底总产能达到9.2GW。     |
| 润阳    | 2018年底有2GW的高效电池片产能；2019年将新增9GW的单晶电池片产能，2019年底总产能达到11GW。          |
| 苏民新能源 | 2018年底有2GW的电池片产能；2019年将新增3GW的单晶电池片产能，2019年底总产能达到5GW。             |
| 展宇    | 2018年底有4.5GW的电池片产能；2019年将新增2GW的单晶电池片产能，2019年底总产能达到6.5GW。         |

资料来源：智汇光伏，平安证券研究所

### （4）组件

预计到2019年底，国内的组件产能将达到150GW，同比增加约20GW。组件市场产能较为分散，竞争激烈，预计2019年年产能小于5GW的企业占比达35%。我们认为，组件领域新技术MBB、半片和叠瓦技术的推广运用，将带来串焊机和叠片机等设备的机遇，建议关注迈为股份、金辰股份、先导智能和奥特维。

图表44 2019年光伏组件产能预期概况

| 产能情况      | 企业数量 | 总产能（GW） | 占比   |
|-----------|------|---------|------|
| 年产能>5GW   | 13   | 98.4    | 66%  |
| 年产能：1~5GW | 22   | 35.3    | 24%  |
| 年产能<1GW   | 34   | 16.5    | 11%  |
| 合计        | 69   | 150.2   | 100% |

资料来源：智汇光伏，平安证券研究所

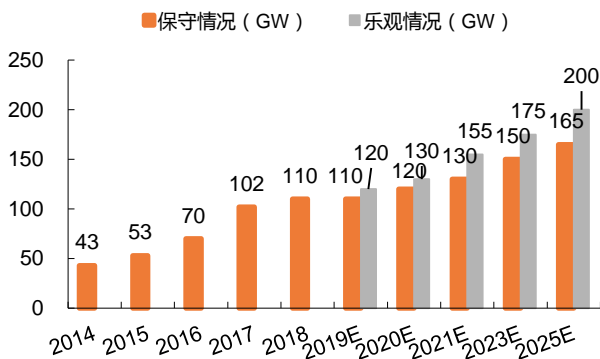


### 3.2 光伏设备市场稳健增长，技术创新诞生结构性机会

光伏设备的需求主要来自各环节企业产能的扩张。这些企业之所以愿意扩张产能，是因为下游客户有需求，光伏产品最终的下游需求体现为光伏装机量。

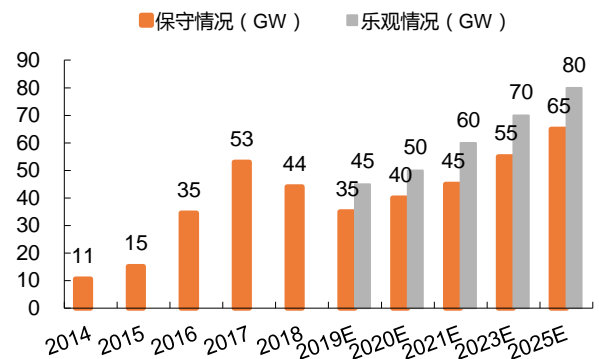
2018年全球光伏装机量110GW，同比增长35%，CPIA乐观预计2025年新增装机量将超过200GW。2018年我国光伏装机量44GW，约占全球市场40%，CPIA乐观预计2025年我国新增装机量将达80GW。

图表45 全球光伏发电新增装机量



资料来源：CPIA，平安证券研究所

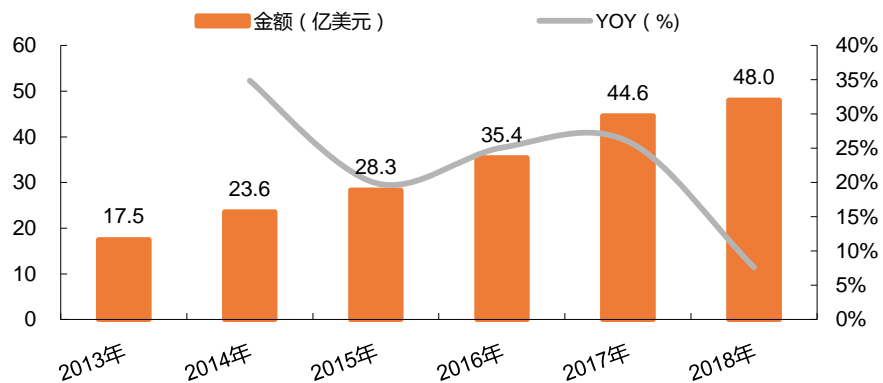
图表46 我国光伏发电新增装机量



资料来源：CPIA，平安证券研究所

根据CPIA数据，2018年全球光伏设备市场规模达48亿美元，同比增长7.62%。其中，硅料及硅片生产设备：电池片设备：组件设备=1：2：1，因此2018年全球硅料及硅片生产设备、电池片设备、组件设备市场规模分别为12亿美元、24亿美元、12亿美元。我们认为，近几年光伏设备市场将出现结构性机会，新技术的运用带来高效产能的扩张，相关设备商业绩有望景气向上。

图表47 全球光伏设备市场规模



资料来源：CPIA，奥特维招股书，平安证券研究所

近几年，PERC快速扩张带动对应的设备市场爆发增长。根据智汇光伏数据，2016-2018年全球PERC产能分别为15GW、35GW、75GW，预计2019年产能将达到134GW。按照每GW的PERC产线需要设备投资为3.75亿元（2017年数据，假设每年下滑5%），则2017-2019年PERC设备市场规模分别为75亿元、143亿元、200亿元。

图表48 全球 PERC 设备规模测算

|                 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| 全球 PERC 产能 (GW) | 15     | 35     | 75     | 134    |
| 新增 PERC 产能 (GW) | -      | 20     | 40     | 59     |
| 每 GW 设备投资 (亿元)  |        | 3.75   | 3.56   | 3.38   |
| 设备市场规模 (亿元)     | -      | 75     | 143    | 200    |

资料来源: 智汇光伏, 平安证券研究所

根据隆基股份公告, PERC 产线设备投资中, 背钝化设备、自动化设备、丝网印刷设备、管式 PECVD 以及制绒设备占比较高, 分别为 22%、22%、12%、9%、7%。据此我们测算 2019 年 PERC 新增产能带动的背钝化设备、自动化设备、丝网印刷设备、管式 PECVD 以及制绒设备市场需求分别为 43 亿元、43 亿元、23 亿元、18 亿元、13 亿元。

图表49 全球 PERC 设备规模测算 (亿元)

|          | 占比   | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 |
|----------|------|--------|--------|--------|
| 背钝化      | 22%  | 16     | 31     | 43     |
| 自动化      | 22%  | 16     | 31     | 43     |
| 丝网印刷     | 12%  | 9      | 17     | 23     |
| 管式 PECVD | 9%   | 7      | 13     | 18     |
| 制绒       | 7%   | 5      | 10     | 13     |
| 检测设备     | 5%   | 4      | 7      | 10     |
| 扩散       | 4%   | 3      | 6      | 9      |
| 退火       | 4%   | 3      | 6      | 9      |
| 激光开槽     | 3%   | 3      | 5      | 7      |
| 激光掺杂     | 3%   | 2      | 5      | 7      |
| 刻蚀       | 3%   | 2      | 4      | 6      |
| 烧结炉      | 3%   | 2      | 4      | 6      |
| 其他       | 2%   | 2      | 3      | 4      |
| 合计       | 100% | 75     | 143    | 200    |

资料来源: 隆基股份公告, 平安证券研究所

### 3.3 相关设备公司业绩迎来景气向上周期

#### 晶盛机电 (300316) ——硅片设备龙头企业

晶盛机电是国内硅片设备龙头, 主营产品包括全自动单晶生长炉、多晶硅铸锭炉、区熔硅单晶炉、单晶硅滚圆机、单晶硅截断机、全自动硅片抛光机、双面研磨机、单晶硅棒切磨复合加工一体机等, 是国内晶硅生长炉 (单晶炉和多晶炉) 龙头公司。公司客户包括除隆基之外所有的单晶和多晶硅片厂商, 如中环、晶科、晶澳等硅片龙头公司。2016-2018 年公司营收分别为 10.91/19.49/25.36 亿, 复合增长率为 52%。归母净利润分别为 2.04/3.87/5.82 亿, 复合增长率为 69%。公司扎根光伏硅片生长炉领域, 有望受益于本轮单晶硅片渗透率提升机遇。此外, 公司正积极布局半导体硅片生长炉, 已经获得有研、锦州神功半导体等客户的订单。

#### 捷佳伟创 (300724) ——光伏电池片设备龙头

捷佳伟创是太阳能电池片龙头, 主要产品包括 PECVD 设备、扩散炉、制绒设备、刻蚀设备、清洗设备、自动化配套设备等。公司客户包括天合集团、阿特斯阳光、晶科能源、台湾茂迪等一线光伏

企业。2016-2018 年公司营收分别为 8.31/12.43/14.93 亿，复合增长率为 34%。归母净利润分别为 1.18/2.54/3.06 亿，复合增长率为 61%。公司是光伏电池片设备龙头，凭借领先的 PECVD 设备，有望受益于近几年 PERC 电池产能扩张周期。此外，公司积极研发 N 型电池片设备（制绒清洗和 TCO 设备等），长期业绩值得看好。

#### 帝尔激光（300776）——PERC 激光设备领军者

帝尔激光主营业务为光伏行业的精密激光设备商领军者，主要产品为 PERC 激光消融设备，客户包括晶科能源、天合光能、隆基股份、阿特斯、晶澳太阳能、东方日升等。2016-2018 年，公司实现收入 0.77/1.65/3.65 亿，复合增速为 118%；实现归母净利润分别为 0.30/0.67/1.68 亿，复合增速为 137%。光伏电池激光加工设备行业进入壁垒较高、发展历程较短，公司的竞争对手包括德国罗芬、德国 InnoLas Solutions、美国应用材料等。按照 2017 年公司发货设备测算，公司 2017 年 PERC 激光消融设备全球市占率接近 76%，处于领先地位。公司业绩有望跟随本轮 PERC 产能扩张周期持续增长。

#### 迈为股份（300751）——光伏丝网印刷设备龙头

迈为股份主营业务为太阳能电池丝网印刷生产线成套设备。客户包括阿特斯、晶科、隆基、天津中环、通威、天合等。2016-2018 年分别实现了 3.45/4.76/7.88 亿的营业收入，复合增速为 51%，2016-2018 年归母净利润为 1.07/1.31/1.71 亿，复合增速 26%。在丝网印刷生产线领域，公司主要竞争对手是 Baccini 和东莞科隆威。2017 年公司市场占有率已经超过 72%，是国内丝网印刷设备龙头。此外，公司 2018 年获得 2.3 亿元光伏激光设备订单和 8600 万元叠瓦设备订单。公司积极布局长短期技术路线，未来业绩有保障。

#### 奥特维（科创板拟上市公司）——光伏组件设备优秀代表

奥特维主营光伏设备和锂电设备，其中光伏设备产品包括常规串焊机、多主栅串焊机、硅片分选机、激光划片机等。公司客户包括全球知名的光伏组件商，如晶科能源、晶澳太阳能、隆基绿能、天合光能、阿特斯、协鑫集成、东方日升、越南光伏等。2016-2018 年公司收入 4.40/5.66/5.86 亿，复合增速 15%，归母净利润分别为-1.05/0.28/0.51 亿。公司是国内串焊机设备龙头，正积极布局叠片机，有望受益于 MBB、半片和叠片组件产能扩张的机遇。

## 四、 投资建议

光伏电池利用了可再生能源——太阳能，是绿色环保能源，远期发展空间巨大。我国是全球最大的光伏生产国，硅料、硅片、电池片、组件产能全球占比均超过 50%。随着平价上网步伐的加速，降本增效是产业链上所有企业共同的追求，生产企业积极推动高效电池产能扩张。

目前在硅片领域，单晶硅片产能迅速扩张，即将超过多晶硅片，成为主流产品。在电池片领域，PERC 电池扩张如火如荼，N 型高效电池技术正在酝酿，在不久的将来有望爆发。在组件领域，MBB、半片、叠片等组件技术渗透率快速提升。建议关注国内单晶生长炉龙头晶盛机电、电池片设备龙头捷佳伟创、PERC 激光设备龙头帝尔激光、丝网印刷设备龙头迈为股份，以及组件设备优秀代表奥特维（科创板拟上市公司），同时建议关注非上市公司理想万里晖。

## 五、 风险提示

- (1) 行业政策风险。全球光伏行业皆由政策推动发展。在平价上网尚未完全到来之际，政策变化对行业影响较大。
- (2) 行业需求下滑风险。光伏电池受宏观需求以及行业自身周期影响较大，如果宏观经济剧烈波动，下游需求显著下滑，设备企业订单将受到直接影响。
- (3) 技术替代风险。光伏行业技术更迭迅速，每一轮技术变更，均有望带来新的设备需求，但如果设备企业未能跟紧技术变化，相关设备无法满足新型技术要求，公司业绩将显著恶化。
- (4) 市场竞争风险。光伏设备竞争企业较多，如果市场竞争加剧，将会带来盈利能力下滑风险。

## 平安证券研究所投资评级:

### 股票投资评级:

- 强烈推荐 ( 预计 6 个月内, 股价表现强于沪深 300 指数 20%以上 )
- 推 荐 ( 预计 6 个月内, 股价表现强于沪深 300 指数 10%至 20%之间 )
- 中 性 ( 预计 6 个月内, 股价表现相对沪深 300 指数在  $\pm 10\%$ 之间 )
- 回 避 ( 预计 6 个月内, 股价表现弱于沪深 300 指数 10%以上 )

### 行业投资评级:

- 强于大市 ( 预计 6 个月内, 行业指数表现强于沪深 300 指数 5%以上 )
- 中 性 ( 预计 6 个月内, 行业指数表现相对沪深 300 指数在  $\pm 5\%$ 之间 )
- 弱于大市 ( 预计 6 个月内, 行业指数表现弱于沪深 300 指数 5%以上 )

### 公司声明及风险提示:

负责撰写此报告的分析师(一人或多人)就本研究报告确认:本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格。

平安证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本公司研究报告是针对与公司签署服务协议的签约客户的专属研究产品,为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考,双方对权利与义务均有严格约定。本公司研究报告仅提供给上述特定客户,并不面向公众发布。未经书面授权刊载或者转发的,本公司将采取维权措施追究其侵权责任。

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能,也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识,认真考虑是否进行证券交易。

市场有风险,投资需谨慎。

### 免责条款:

此报告旨在发给平安证券股份有限公司(以下简称“平安证券”)的特定客户及其他专业人士。未经平安证券事先书面明文批准,不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其他人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被平安证券认为可靠,但平安证券不能担保其准确性或完整性,报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价,报告内容仅供参考。平安证券不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任,除非法律法规有明确规定。客户并不能仅依靠此报告而取代替行使独立判断。

平安证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断,可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问,此报告所载观点并不代表平安证券的立场。

平安证券在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

平安证券股份有限公司 2019 版权所有。保留一切权利。



**平安证券**  
PING AN SECURITIES

## 平安证券研究所

电话: 4008866338

| 深圳  | 上海   | 北京  |
|---|--|---|
| 深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 62 楼<br>邮编: 518033 | 上海市陆家嘴环路 1333 号平安金融大厦 25 楼<br>邮编: 200120<br>传真: ( 021 ) 33830395 | 北京市西城区金融大街甲 9 号金融街中心北楼 15 层<br>邮编: 100033 |